

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-82261

(13) 公開日 平成9年(1997)3月28日

| (51) Int. Cl. <sup>4</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号 | P I            | 技術表示箇所 |
|----------------------------|------|--------|----------------|--------|
| H 0 1 J 37/252             |      |        | H 0 1 J 37/252 |        |
| G 0 1 N 23/225             |      |        | G 0 1 N 23/225 |        |

審査請求 未請求 請求費の額 5 〇 L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-285002

(22) 出願日 平成7年(1995)9月13日

(71) 出願人 000006108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田豊河台四丁目6番地

(72) 発明者 藤合 誠

東京都国分寺市東ヶ窪1丁目290番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 栗田 勝広

東京都国分寺市東ヶ窪1丁目290番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 砂子沢 成人

茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会社日立製作所計測部事務管内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

量絶巨に続く

(54) 【発明の名称】 電子線検出器

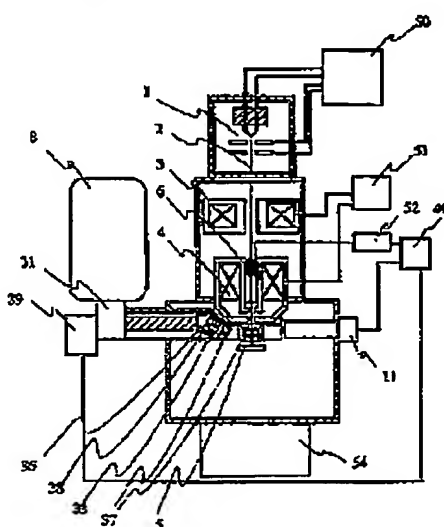
(57) 【要約】

【目的】 本発明は、搭載、取外し、真空中での移動が容易で、高最大計数率、大検出立体角で、高信号雑音比のX線検出器を安価に提供し、同時に、高い2次電子検出効率を達成する。

【構成】 先端が円錐形状で開放端を有した、複数個のX線検出素子を格納したX線検出器を設置し、その先端の開放端の側に2次電子検出器を配置する。

【効果】 開放端を設けることにより、電子線検出器への搭載、取外しが容易になり、2次電子検出器に検出される2次電子量が低減することなくなる。また、複数個のX線検出素子を一つの容器内に格納することにより、検出立体角、かつ、信号雑音比が大きく取れるX線検出器の導入が安価に実現できる。

図1



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】対物レンズにより細く絞られた電子線を対物レンズの先に設置した試料台上に固定した試料に照射し、該試料から発生するX線を検出する装置を備えた電子顕微鏡において、前記X線を検出する装置の光検部が、馬蹄形又は、円環の一部を欠いた形状のように開放端を有していることを特徴とする電子顕微鏡。

【請求項2】請求項1記載のX線を検出する装置の開放端側に2次電子検出器を設置したことを特徴とする電子顕微鏡。

【請求項3】請求項1記載のX線を検出する装置が、複数のX線検出素子を備えたことを特徴とする電子顕微鏡。

【請求項4】請求項3記載の複数のX線検出素子の検出面が、試料からのX線の入射方向に対してほぼ垂直になっていることを特徴とする電子顕微鏡。

【請求項5】請求項1記載のX線検出素子を格納する容器が対物レンズと試料の間またはその空間、あるいは、対物レンズの上側の空間に設置されていることを特徴とする電子顕微鏡。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は電子線を試料に照射して、試料から発生する特性X線を分析する装置を備えた走査型電子顕微鏡に係り、特に、高い特性X線検出感度と高い2次電子検出感度を同時に達成するのに好適な電子顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】電子顕微鏡の1種である走査型電子顕微鏡の基本構成を図2を用いて説明する。電子銃1から2次電子線をコンデンサレンズ3、対物レンズ4により細く絞って試料5に照射する。電子銃2を試料5に照射すると試料5から2次電子10が出てくる。さらに、偏向コイル6により電子線を試料上に走査させる。2次電子検出器11で検出した試料5からの2次電子信号をブラウン管41の輝度変調信号とし、電子銃2の走査と同調させて、ブラウン管41に表示させて試料面の形態像を示す2次電子像を得る。2次電子は以下の様に検出される。2次電子検出器11の先端に前面に約10キロボルトの正の高電圧が印加されたシンチレータ101があり、試料5と2次電子検出器11の間には電位面102で示した電界が形成されている。試料からの2次電子10はこの電界により加速されながら2次電子検出器11に引き込まれる。加速された2次電子10はシンチレータ101をたたき、光を出す。この光を光電子増倍管103で検出するようになっている。対物レンズ4と試料5との間の距離（ワーキングディスタンス）は5ミリメートルから35ミリメートルである。そして、空間分解能は電子線のビーム径で決まり、電子線のビーム径が小さいほど空間分解能が高い。絞れるビーム径は対物レン

(2)

特開平9-82261

2

ズの収差で決まり、収差は対物レンズの焦点距離すなわち、ワーキングディスタンスが短いほど小さい。最近のDRAMなどの半導体素子の微細化に伴い、その微細な構造を観察するために、試料と対物レンズの間の距離は5ミリメートル程度になってきている。また、対物レンズ4の形状は、図2に示したように、側方の空間を確保するために、円錐状で、試料の側につきでた形状をしているものが普通である。

【0003】図2では、試料の上側に対物レンズのある走査型電子顕微鏡を示したが、図8に示したように、さらに高い空間分解能を得るために、試料5を対物レンズ4の凹極間に挿入し、いわゆる、インレンズとし、電子銃2を細く絞って試料に照射できるようにした走査型電子顕微鏡が知られている。この場合には、試料5からの2次電子を、対物レンズの上側に設置した2次電子検出器11により検出する。試料と対物レンズの間の距離は5ミリメートル程度である。

【0004】以上、走査型電子顕微鏡についてのべてきたが、厚さが数10ナノメートルと薄い試料を用い、この試料を対物レンズの凹極間（5ミリメートル程度）に配置し、細く絞った電子線を照射し、試料を透過した電子線を測定することによりさらに高い空間分解能で試料の構造を調べることのできる透過型電子顕微鏡が知られている。次に、図2を用いて、X線検出法について述べる。電子銃2を試料5に照射すると試料5から試料5を構成する元素に対応した特性X線20が発生するので、この特性X線20を検出し、試料の元素分布分析を行なうものがある。試料5からの特性X線20を検出する方法として、シリコンやゲルマニウムなどの半導体からなるX線検出素子33を挿入する方法がある。X線検出素子33にX線が入射すると、試料5からの特性X線20のエネルギーに比例した個数の電子と正孔が発生する。この荷電粒子を集めて、その個数に対応した高さを持つ電圧パルスに変換して、試料からのX線のエネルギーを知ることができる。このようなX線検出法は、エネルギー分散型X線検出法とよばれており、広く用いられている。厚さが3ミリメートルで、面積が約10平方ミリメートルの検出面をもったシリコン半導体結晶から作られたX線検出素子33を1個備えたX線検出器が通常用いられている。熱雑音を低減するために、X線検出素子33は、X線検出素子33からの信号を増幅するための回路の一部である電界効果トランジスタを主とする部分38とともに液体窒素槽8に入れた液体窒素により冷却槽34を介して冷却している。試料5の透過時に試料室16は大気になり、冷却されたX線検出素子33にガスが吸着すると、性能が劣化するため、X線透過室36によりX線検出器31と試料室16を分離している。さらに、検出素子33に反射電子が入射すると素子の内部に欠陥が発生し検出素子の性能が劣化する。試料5以外の部分に散乱した電子線が当たることにより発生する制御

(3)

特開平9-82261

3  
 輻射X線や、該X線による蛍光X線がX線検出素子に入ると雑音となるため、タンタルなどの重金属を付着としたコリメーター37をX線検出器31の先端に配置している。さらに、試料5で入射電子が弾性散乱して反射してくる反射電子がX線検出素子33に入射して、雑音を生じたり、素子特性を劣化させるため、永久磁石をコリメーター内に挿入し、磁界により反射電子を曲げて、反射電子がX線検出素子33に入射しないようにしたものもある。検出面の面積を広くするとX線検出素子33の電気容量が大きくなって、雑音が大きくなり、検出できるX線のエネルギー分解能が悪くなるため、検出面積としては上記の値が限界と考えられている。また、上記X線検出装置が単位時間当たりには計数できるX線の数には上記の信号処理回路の待機数による限界があり、この個数を最大計数率と呼んでいるが、この個数は、1秒間に約1000個である。試料からの特性X線は等方的に発生し、X線の強さ(光子数)は照射電子線の電流に比例する。

【0005】量測回路などの半導体素子の製造の評価、検査工程で、回路パターン寸法を測定するのに広く使われている長尺走査型顕微鏡による検査では、異物が観察され、この異物が、半導体素子の性能劣化、製造の歩留まり低下の原因になると言われており、短時間で異物の種類を調べる必要があるが、従来のX線検出器では、検出感度が低く、時間がかかるため、実用的には使われていなかった。また、試料の2次元元素分析では、電子線を試料の上に走査し、元素分布を求めるため、時間がかかる。特に、最近の半導体素子の製造に用いられるウェハの大きさが8インチから12インチと大きくなってくると、必要な計測時間はさらに長くなる。一方、生物試料など電子線の照射による試料の損傷が問題となる試料を観察する場合や、高い空間分解能で試料の2次元電子像を観察する場合では、低い電流の電子線照射で観察することが望ましい。このため、高感度でX線を検出することが望まれていた。

【0006】走査型電子顕微鏡では、試料としては厚いものが用いられるため、数10ナノメートルの空間分解能の観察での照射電子線の電流値に対して、上記の半導体素子を用いたX線検出装置の最大計数率に近いX線の発生が容易に得られる。このため、検出感度は最大計数率で決まる。X線検出装置の最大計数率を上げる方法としては、複数個のX線検出素子を配置し、各素子ごとに信号を処理する回路を設ける方法がある。この場合、全体としての最大計数率は配置したX線検出素子の個数倍だけ大きくできる。また、数ナノメートルの空間分解能での観察や、薄い試料に薄い電子線を照射する透過型電子顕微鏡での観察では、電子線を直径1ナノメートル程度に細く絞るために電流値がとれないことと、電子線が相互作用する試料の領域が小さいために、発生するX線の光子数が少ない。この場合には、なるべく、効率的に

4  
 X線を検出することが望ましい。すなわち、検出立体角の大きいX線検出器が望まれていた。検出立体角を大きくするためには、検出素子となるべく試料に近接させて配置させるか、検出面積の大きい検出素子を配置する方法が考えられる。上記したように、1個の検出素子の検出面積を大きくするとエネルギー分解能が悪化するもので、実際には複数個の検出素子を配置することになるこの種の装置としては、特開昭55-3129に述べられているように(図3)、環状のX線検出素子33を備えたX線検出器31を用い、環状の中心にあけた穴の内側に電子線2を通過させて、試料5の近傍に配置する方法がある。この方法では、X線検出器31を試料6と対物レンズ4の間に挿入し、環状のX線検出素子33を試料5に近接させているため、特性X線を検出する立体角が大きくなる。また、特開平3-246862に述べられているように、複数個の従来のX線検出器を電子顕微鏡に搭載し、特性X線を検出する立体角を大きくする方法が知られている。

【0007】

20  
 【発明が解決しようとする課題】上記の最初の方法では、2次元電子検出に関してはなんら考慮がなされておらず、図3に示したように、2次元電子検出器11を配置した場合、2次元電子検出器11と試料5の間に、X線検出器31が配置されているため、2次元電子の大部分が遮蔽され、2次元電子検出器11に入る2次元電子の量が大幅に減少するという問題があった。また、雑音を低減するためにX線検出器の先端に配置すべき信号増幅回路の一部である電界効果トランジスタを主とする部分と、X線検出素子の性能劣化防止用のX線検出器と電子顕微鏡の試料室を分離するX線透過窓、および、信号雑音となる制動輻射X線や、該X線による蛍光X線、反射電子の入射を制限するためのコリメーター等のエネルギー分散型検出装置に不可欠な構成要素について全く記載されておらず、対物レンズと試料の間に挿入し立体角を狭めているものの、雑音成分が多く、検出感度としては改善されず、また、検出素子の性能劣化が激しく、長期の使用に関して問題があった。また、X線透過窓とコリメーターを考慮した場合には、X線検出素子の厚さが3ミリメートル、X線透過窓の支持枠が最低で1ミリメートル、コリメーターの厚さが最低で5ミリメートル必要であることから、X線検出器の全体の厚さが試料と対物レンズの間の距離より大きくなり、電子線経路の近傍に配置できなくなるという問題があった。この問題は、試料と対物レンズの間に狭い、高空間分解能を持つ電子顕微鏡の場合、顕著となる。さらに、対物レンズを取り囲むように配置された環状のX線検出器の場合には、X線検出器を移動することができなくなり、X線検出が不要なときに、X線検出器を回避したり、修理の際に電子顕微鏡から取り外すことが容易にできなくなるという問題があった。

5

【0008】従来の技術の項で述べた2番目の方法は、放射台のX線検出器を搭載する方法であるが、放射室容積を狭めとして、全て台数が必要とするので、高価であり、設置できるX線検出器の台数に限界があり、実装密度が低いという問題があった。

【0009】本発明の目的は、X線検出の最大計数率が高く、X線検出立体角が大きく、かつ、信号雑音比の高いX線検出装置を有し、2次電子検出が良好に行なえ、さらに、X線検出器の移動が容易な電子顕微鏡を安価に提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、環状のX線検出器のかわりに、先端が円錐形又は、円環の一部を欠いた形状のように、開放端のある容器からなるX線検出器を用い、電子顕微鏡の装体の側面に設けた出入口から設置すべき位置まで移動できるようにし、その容器内に複数のX線検出素子を内蔵してX線検出立体角を大きくとり、さらに、その開放端の側に、2次電子検出器を配置した。

【0011】

【作用】本発明の作用を図4と図5で説明する。図4は走査型電子顕微鏡の1部の垂直断面図で、図5は本発明の特徴を有するX線検出器と2次電子検出器の位置関係を示す走査型電子顕微鏡の水平断面図である。図4において試料5に対物レンズ4により細く絞られた電子線2が照射される。対物レンズ4と試料5の間に、横方向からX線検出器と2次電子検出器が配置されている。本発明の特徴であるX線検出器31の先端は図5に示すように開放端を有した円錐形の形をしており（請求項1）、その開放端の側に2次電子検出器11が配置されている（請求項2）。試料5から発生した2次電子は、X線検出器の開放端の空間15を通過し2次電子検出器11の前面に印加された電界により2次電子検出器11に引き込まれる。X線検出器31の先端にはX線検出素子の性能劣化防止用のX線検出器と電子顕微鏡の試料室を分離するX線透過窓36、および、信号雑音となる副電子線X線や、該X線による蛍光X線の入射を制限するためのコリメーター37が取り付けられている。

【0012】上記のように、開放端を持ったX線検出器31の開放端の側に2次電子検出器11を配置することにより、2次電子が、遮断されることなく2次電子検出器11により検出されるようになるので、2次電子の検出効率が低下することがない。さらに、対物レンズ4の先端が突出していて、高い空間分解能を得るために対物レンズ4と試料5の間が狭い電子顕微鏡でも、X線検出器31に開放端を設けることにより対物レンズ4の先端部にくぐらせ、また、鏡体60に設けた一つの開口61から、X線検出器31を挿入することが可能になる（請求項5）。さらに、対物レンズ4の先端の形状にあわせて、X線検出器31の円錐形の内側の部分に傾斜をつけ

(4)

特開平9-82261

5

ることにより、X線検出素子33を試料5に近接して配置することが可能になり、また、X線検出素子33の有感面を有効に使えるように試料からX線の入射方向に対して、垂直に配置できる。また、X線検出が不要なときに、X線検出器を目隠したり、修理の際に電子顕微鏡から取り外すことが容易にできる。さらに、本発明の特徴である、円錐形の形状においては、周方向に複数のX線検出素子を配置することが可能となり、これにより、最大計数率を高くすること、または、X線検出立体角を大きくすること、すなわち、X線検出密度を上げることが実現できる（請求項3、4）。さらに、複数のX線検出素子を一つの容器内に格納することにより、X線を冷却するための液体窒素を入れる容器等が一つですむため、複数のX線検出素子を搭載しても経費にかつ安価に構成することが可能になる。本作用の説明では、円錐形の開放端の作用について説明したが、円環の一部を欠いた形状など開放端を有するものについても開放端が、対物レンズと試料の間等を通過できるようにしてあれば、この作用が働くことは自明である。

20

【0013】

【実施例】

（実施例1）以下、本発明による実施例を図1、図6、図7を用いて説明する。図1は本発明を実現する走査型電子顕微鏡の垂直断面図で、集束レンズ2と対物レンズ3により電子線2は、試料5に照射されるようになっている。走査コイル3により、上記試料5の表面に電子線2を走査し、試料5から発生する2次電子を2次電子検出器11で検出することにより、2次電子像を得ることができる。対物レンズ3と試料5の間に配置されたX線検出器31により、元素分析が可能となっている。図6は本発明を実現する電子顕微鏡を電子線の入射する方向すなわち図1で上方から、X線検出器31と2次電子検出器11を見た図で、図7はX線検出器の内部の構造を示す断面図である。X線検出器31は、図6に示すように円錐形の開口を持つ容器を有し、開口の側に2次電子検出器が位置されるようになっている。試料5から発生する2次電子は、作用の項で説明したように、上記開口の空間を通過して、2次電子検出器11の前面に印加された電界により2次電子検出器11に引き込まれて検出される。又、図7に示すように、本実施例におけるX線検出器では、円錐形の容器内に合計12個のシリコン結晶からなるX線検出素子33を設置してある。各X線検出素子は、反対の端面が液体窒素に接している冷却部34に取付けた熱伝導率の良い窒化シリコンを材質とするセラミック板35の上に支持されて、低温に冷却されるようになっている。X線検出素子33は、試料5から発生するX線に対してその検出面が垂直になるように設置してある。これにより、各X線検出素子33について、最大の検出立体角でX線を検出できるようになっている。試料5と検出素子33の間には、X線検出素子33に符

7

性X線20を導入し、試料5の交換時冷却されているX線検出素子33にガスが吸着するのを防止するためにX線検出器内を真空に保持する、X線透過窓36と、雑音の原因となる不要な制動X線、反射電子を制限するためのタンタル製のコレクター37が設置してある。

【0014】本発明の特徴である馬蹄形の開口を持つことにより、X線検出素子を試料に近接させるために、X線検出器31を対物レンズと試料の間の空間に容易に移動できるようになり、また、X線検出をしないときに、X線検出器を回避したり、修理時に取り外すことが容易にできるようになった。また、2次電子検出についても、X線検出器を設置する前と同様に、高感度で、実施することが可能となった。

【0015】12個の検出素子33からの信号は、12個の前置増幅器により、電圧信号に変換され、さらに、信号処理装置40により12個独立に波高分析されて処理されるために、一つの検出素子の最大計数率は変わらないが、12個全体の最大計数率は1個の場合と比較して12倍になっている。

【0016】本実施例では、1個のX線検出素子からなる従来の装置と比較して1桁短い時間で、従来と同じ検出感度の2次元分布を得ることができ、試料に与える損傷についても、1桁低い状態で、従来の感度で元素分析が可能となった。また、2次電子検出器11で検出される信号量は、X線検出器を挿入する前とほとんど変化がなかった。さらに、本実施例によるX線検出器を半導体素子の製造の評価、検査工程で、回路パターン寸法の測定するのに広く使われている側長走査型顕微鏡に適用した結果、異物検査に必要な時間が1桁短縮でき、実用的に用いられるようになった。

【0017】(実施例2)次に、本発明による別の実施例を図8を用いて説明する。図8は、高い空間分解能を得るために、試料を対物レンズの側に挿入し、電子線を細く絞って試料に照射できるようにした透過型電子顕微鏡に本発明を実施した図である。この型の電子顕微鏡の場合、試料5からの2次電子を、対物レンズ3の上側に配置した2次電子検出器11により検出する。先端が馬蹄形の開放窓の形状になっているX線検出器31を対物レンズ4と走査コイル6のあいだの空間に鏡体60の側壁に設けた開口61から挿入している。X線検出器31の開放窓の側に2次電子検出器11が配置されている。X線検出素子33は試料5から発生する特性X線20の方向に対して検出面が垂直になるように支持板35に固定されている。他端が液体窒素に接している冷却部34により検出素子33と支持板35は低温に冷却されている。実施例1の項で述べたのと同様に、本実施例でも12個の検出素子を馬蹄形空間内に目状に配置した。本実施例においても、X線検出器31に開放窓を設けることにより、2次電子検出器にはいる2次電子が遮られることがないので、X線検出器を挿入する前と2次電子の検

(5)

特開平9-82261

8

出量は変化がなかった。又、対物レンズ4と走査コイル6のあいだの狭い空間に挿入することが可能となった。又、X線検出素子を12個配置しているため、検出効率が高まり、従来と比較して、1桁の測定時間の短縮、1桁の試料5に及ぼす損傷の低減が実現できた。

【0018】なお、実施例2で述べた透過型電子顕微鏡の構造は、透過型の電子顕微鏡と類似の構造を有しており、本発明を透過型の電子顕微鏡にあって実施することができる。

【0019】(実施例3)次に、本発明による第三の実施例を図9を用いて説明する。図9は、高い空間分解能を得るために、試料を対物レンズの側に挿入し、電子線を細く絞って試料に照射できるようにした透過型電子顕微鏡に本発明を実施した断面図である。本実施例における透過型電子顕微鏡では2次電子検出器はなく、その対物レンズ4の磁極間の距離は4ミリメートルであり、その間に試料台9により試料5が挿入されるようになっている。先端が馬蹄形の開放窓の形状になっているX線検出器31を対物レンズ4の側方の空間に鏡体60の側壁に設けた開口61から挿入している。X線検出器31の馬蹄形の開放窓側に、試料台9が配置されるようになっており、互いに干渉しないようになっている。X線検出素子33は試料5から発生する特性X線20の方向に対して検出面が垂直になるように固定されている。他端が液体窒素に接している冷却部34により検出素子33と信号増幅回路の一部38は低温に冷却されている。本実施例では、馬蹄形空間内に目状に11個配置した。X線検出器31の先端部には、X線透過窓36と、雑音の原因となる不要な制動X線、反射電子を制限するためのタンタル製の11個のX線透過孔32のあいだコレクター37が設置してある。本実施例においても、X線検出器31に馬蹄形の開放窓を設けることにより、対物レンズ4の狭い空間に容易に挿入することが可能となった。又、移動も可能である。X線検出素子を11個配置しているため、検出効率が改善され、従来と比較して、1桁の測定時間の短縮、1桁の試料5に及ぼす損傷の低減が実現できた。

【0020】以上3つの実施例を述べたが、検出器の数については限定するものではなく、複数個であればすべて構成しても、本発明の本質に関わるものではない。

【0021】

【発明の効果】以上のように、馬蹄形等の先端に開放窓を持つX線検出器を用いることにより、最大計数率を高くする、又は、X線検出立体角を大きくするために複数個のX線検出素子を試料に近接して設置することができ、X線検出が不要なときにX線検出器を回避したり、修理の際に電子顕微鏡から取り外すことが容易にできる。また、2次電子検出器で検出される2次電子の検出量を低減することがないので、良好な2次電子像と元素分析像を同時に取ることが可能となる。さらに、複数個

(9)

特開平9-82281

9

10

の検出素子を一つの容器に収納し、一つの液体室を接続して冷却することにより、高感大計数率かつ大検出立体角のX線検出器を安価に実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す電子顕微鏡構成図。

【図2】従来装置を示す構成図。

【図3】別の従来装置を示す構成図。

【図4】本発明の作用を説明する概念図。

【図5】本発明の作用を説明する概念図。

【図6】本発明の一実施例における検出器の位置関係を示す水平断面図。

【図7】本発明の一実施例におけるX線検出器の構造図。

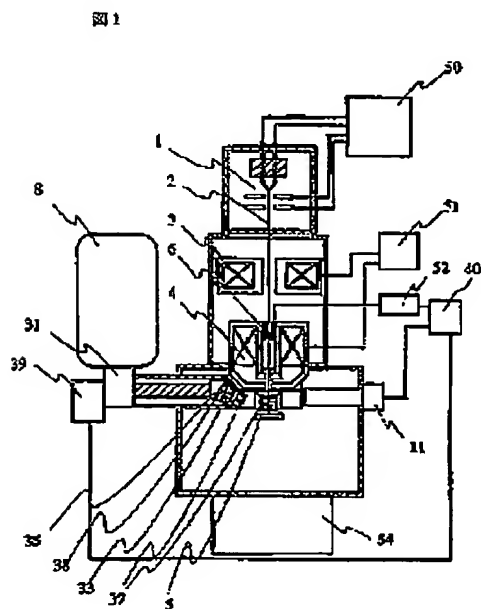
【図8】本発明の別第二の実施例を示す電子顕微鏡構成図。

\*【図9】本発明の第三の実施例を示す電子顕微鏡構成図。

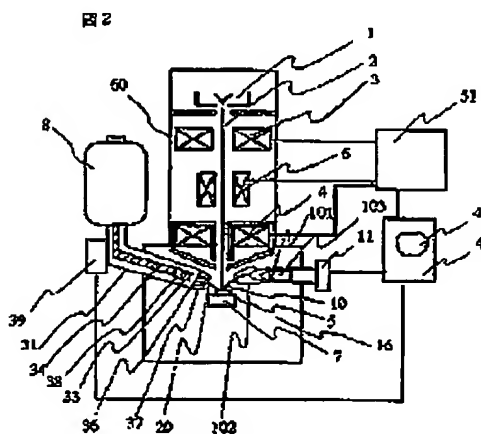
【符号の説明】

1-電子銃、2-電子線、3-集束レンズ、4-対物レンズ、5-試料、6-定査コイル、7-試料台、8-液体窒素槽、11-2次電子検出器、10-2次電子線、15-空間、20-特性X線、31-X線検出器、32-X線透過孔、33-X線検出素子、34-冷却部、35-支持板、36-X線透過窓、37-コレクター、38-電界効果トランジスタなどの信号増幅回路の一部、39-前増幅器、40-信号処理装置、41-ブラウン管、50-電子銃制御盤、51-レンズ制御盤、52-定査コイル制御盤、54-真空排気装置、60-鏡体、61-開口、101-シンチレータ、102-等電位面、103-光電子増倍管。

【図1】

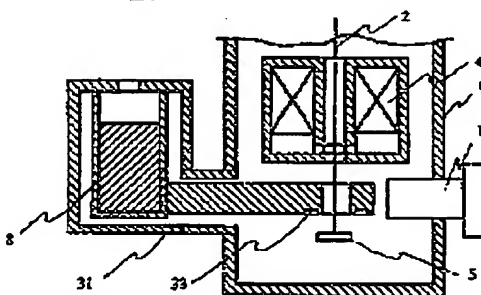


【図2】



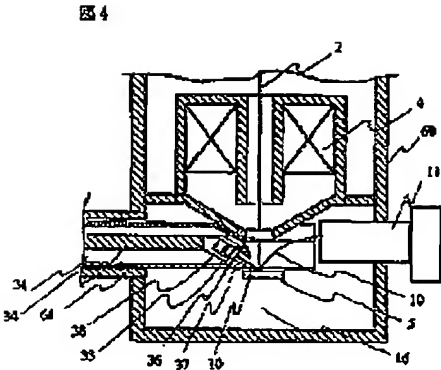
【図3】

図3

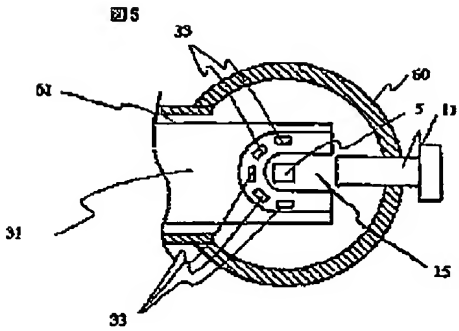


(7) 符開平9-82261

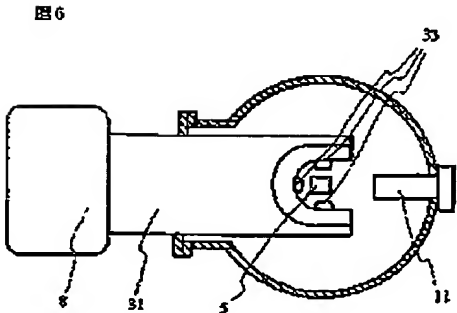
【圖4】



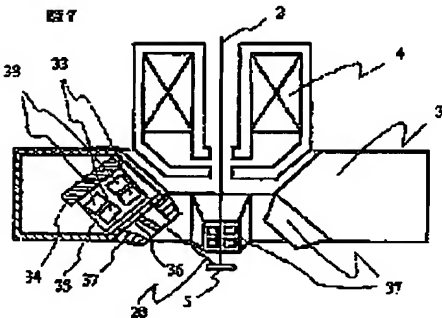
【圖5】



【圖6】



【圖7】



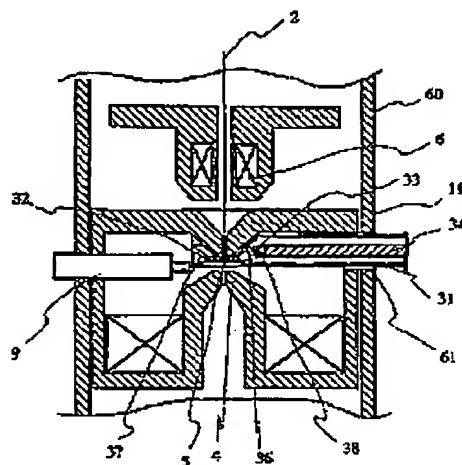
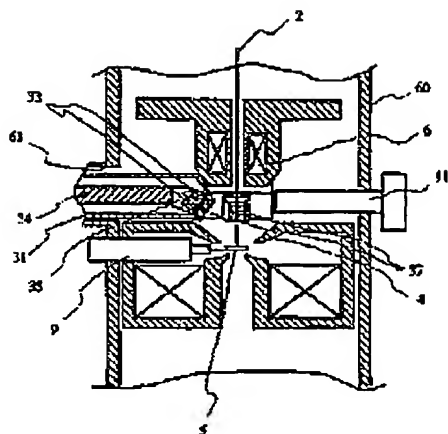
(3)

特開平9-82281

【圖8】

【 99 】

58



## フロントページの続き

(2)発明者 仲田 公生  
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会社  
日立製作所計測器事業部内

(72) 壽明者 五十歳 得七  
東京都国分寺市京恋ヶ丘1丁目28番地  
株式会社日立製作所中央研究所内



JP,09-082261,A [CLAIMS]

Page 1 of 1

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The electron microscope with which the point of the equipment which detects said X-ray is characterized by having the open end like the configuration lacking in horseshoe shape or some circular rings in the electron microscope equipped with the equipment which detects the X-ray which irradiates the sample which fixed the electron ray thinly extracted with the objective lens to the sample base installed in the point of an objective lens, and is generated from this sample.

[Claim 2] The electron microscope characterized by installing a secondary electron detector in the open end side of the equipment which detects an X-ray according to claim 1.

[Claim 3] The electron microscope with which the equipment which detects an X-ray according to claim 1 is characterized by having two or more X-ray sensing elements.

[Claim 4] The electron microscope characterized by the detection side of two or more X stroke children according to claim 3 being almost perpendicular to the direction of incidence of the X-ray from a sample.

[Claim 5] The electron microscope characterized by installing the container which stores an X-ray sensing element according to claim 1 in the space of between an objective lens and a sample or the surroundings, or the space of an objective lens top.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPF are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention irradiates an electron ray at a sample, and relates to a suitable electron microscope to attain high characteristic-X-ray detection sensitivity and high secondary electron detection sensitivity to coincidence especially with respect to the scanning electron microscope equipped with the equipment which analyzes the characteristic X ray generated from a sample.

[0002]

[Description of the Prior Art] The basic configuration of the scanning electron microscope which is one sort of an electron microscope is explained using drawing 2. The electron ray 2 which came out of the electron gun 1 is thinly extracted with a condensing lens 3 and an objective lens 4, and a sample 5 is irradiated. If an electron ray 2 is irradiated at a sample 5, a secondary electron 10 will come out from a sample 5. Furthermore, an electron ray is made to scan on a sample with a deflecting coil 6. Make into the intensity modulation signal of the Braun tube 41 the secondary electron signal from the sample 5 detected with the secondary electron detector 11, it is made to synchronize with the scan of an electron ray 2, and the secondary electron image in which it is made to display on the Braun tube 41, and the gestalt image of a sample side is shown is obtained. A secondary electron is detected as follows. There is a scintillator 101 by which the forward electrical potential difference of about 10 kilovolts was impressed at the tip of the secondary electron detector 11 in the front face, and the electric field shown in the equipotential surface 102 are formed between the sample 5 and the secondary electron detector 11. The secondary electron 10 from a sample is drawn in the secondary electron detector 11, being accelerated by this electric field. The accelerated secondary electron 10 gives off a beat and light for a scintillator 101. The photomultiplier tube 103 detects this light. The distance between an objective lens 4 and a sample 5 (working distance) is 35 millimeters from 5 millimeters. And spatial resolving power is decided by the beam diameter of an electron ray, and its spatial resolving power is so high that the beam diameter of an electron ray is small. The beam diameter which can be extracted is decided by aberration of an objective lens, and aberration is so small that it is short, the focal distance, i.e., the working distance, of an objective lens. In order to observe the detailed structure with detailed-izing of semiconductor devices, such as the latest DRAM, the distance between a sample and an objective lens is becoming about 5 millimeters. Moreover, as shown in drawing 2, in order to secure the space of the side, the configuration of an objective lens 4 is a cone-like, and what is carrying out the configuration which stuck and appeared in the sample side is common.

[0003] Although drawing 2 showed the scanning electron microscope which has an objective lens in the sample bottom, as shown in drawing 8, in order to obtain still higher spatial resolving power, a sample 5 is inserted between the magnetic poles of an objective lens 4, it considers as the so-called in lens, and the scanning electron microscope which extracts an electron ray 2 thinly and enabled it to irradiate a sample is known. In this case, the secondary electron detector 11 arranged to the objective lens up side detects the secondary electron from a sample 5. The distance between a sample and an objective lens is about 5 millimeters.

[0004] As mentioned above, although the scanning electron microscope has been described, thickness arranges this sample between the magnetic poles of an objective lens (about 5 millimeters) using several 10 nanometers and a thin sample, the electron ray extracted thinly is irradiated and the transmission electron microscope which can investigate the structure of a sample with still higher spatial resolving power is known by measuring the electron ray which penetrated the sample. Next, the X-ray detecting method is described using drawing 2. Since the characteristic X ray 20 corresponding to the element which constitutes a sample 5 from a sample 5 will occur if an electron ray 2 is irradiated at a sample 5, this characteristic X ray 20 is detected and there are some which perform the element distributive analysis of a sample. There is the approach of inserting the X-ray sensing element 33 which consists of semi-conductors, such as silicon and germanium, as an approach of detecting the characteristic X ray 20 from a sample 5. If an X-ray carries out incidence to the X-ray sensing element 33, the electron and electron hole of the number proportional to the energy of the characteristic X ray 20 from a sample 5 will occur.

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

TECHNICAL FIELD

---

[Industrial Application] This invention irradiates an electron ray at a sample, and relates to a suitable electron microscope to attain high characteristic-X-ray detection sensitivity and high secondary electron detection sensitivity to coincidence especially with respect to the scanning electron microscope equipped with the equipment which analyzes the characteristic X ray generated from a sample.

---

[Translation done.]

---

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

PRIOR ART

---

[Description of the Prior Art] The basic configuration of the scanning electron microscope which is one sort of an electron microscope is explained using drawing 2. The electron ray 2 which came out of the electron gun 1 is thinly extracted with a condensing lens 3 and an objective lens 4, and a sample 5 is irradiated. If an electron ray 2 is irradiated at a sample 5, a secondary electron 10 will come out from a sample 5. Furthermore, an electron ray is made to scan on a sample with a deflecting coil 6. Make into the intensity modulation signal of the Braun tube 41 the secondary electron signal from the sample 5 detected with the secondary electron detector 11, it is made to synchronize with the scan of an electron ray 2, and the secondary electron image in which it is made to display on the Braun tube 41, and the gestalt image of a sample side is shown is obtained. A secondary electron is detected as follows. There is a scintillator 101 by which the forward electrical potential difference of about 10 kilovolts was impressed at the tip of the secondary electron detector 11 in the front face, and the electric field shown in the equipotential surface 102 are formed between the sample 5 and the secondary electron detector 11. The secondary electron 10 from a sample is drawn in the secondary electron detector 11, being accelerated by this electric field. The accelerated secondary electron 10 gives off a beat and light for a scintillator 101. The photomultiplier tube 103 detects this light. The distance between an objective lens 4 and a sample 5 (working distance) is 35 millimeters from 5 millimeters. And spatial resolving power is decided by the beam diameter of an electron ray, and its spatial resolving power is so high that the beam diameter of an electron ray is small. The beam diameter which can be extracted is decided by aberration of an objective lens, and aberration is so small that it is short, the focal distance, i.e., the working distance, of an objective lens. In order to observe the detailed structure with detailed-izing of semiconductor devices, such as the latest DRAM, the distance between a sample and an objective lens is becoming about 5 millimeters. Moreover, as shown in drawing 2, in order to secure the space of the side, the configuration of an objective lens 4 is a cone-like, and what is carrying out the configuration which stuck and appeared in the sample side is common.

[0003] Although drawing 2 showed the scanning electron microscope which has an objective lens in the sample bottom, as shown in drawing 8, in order to obtain still higher spatial resolving power, a sample 5 is inserted between the magnetic poles of an objective lens 4, it considers as the so-called in lens, and the scanning electron microscope which extracts an electron ray 2 thinly and enabled it to irradiate a sample is known. In this case, the secondary electron detector 11 arranged to the objective lens up side detects the secondary electron from a sample 5. The distance between a sample and an objective lens is about 5 millimeters.

[0004] As mentioned above, although the scanning electron microscope has been described, thickness arranges this sample between the magnetic poles of an objective lens (about 5 millimeters) using several 10 nanometers and a thin sample, the electron ray extracted thinly is irradiated and the transmission electron microscope which can investigate the structure of a sample with still higher spatial resolving power is known by measuring the electron ray which penetrated the sample. Next, the X-ray detecting method is described using drawing 2. Since the characteristic X ray 20 corresponding to the element which constitutes a sample 5 from a sample 5 will occur if an electron ray 2 is irradiated at a sample 5,

this characteristic X ray 20 is detected and there are some which perform the element distributive analysis of a sample. There is the approach of inserting the X-ray sensing element 33 which consists of semi-conductors, such as silicon and germanium, as an approach of detecting the characteristic X ray 20 from a sample 5. If an X-ray carries out incidence to the X-ray sensing element 33, the electron and electron hole of the number proportional to the energy of the characteristic X ray 20 from a sample 5 will occur. These charged particles can be collected, it can change into an electrical-potential-difference pulse with the height corresponding to that number, and the energy of the X-ray from a sample can be known.

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

EFFECT OF THE INVENTION

---

[Effect of the Invention] As mentioned above, by using the X-ray detector which has an open end at tips, such as horseshoe shape, the maximum counting rate is made high, or in order to enlarge an X-ray detection solid angle, a sample can be approached and two or more X-ray sensing elements can be installed, and when X-ray detection is unnecessary, an X-ray detector is avoided, or it can perform easily removing from an electron microscope in the case of repair. Moreover, since the amount of detection of the secondary electron detected with a secondary electron detector is not reduced, it becomes possible to take a good secondary electron image and an elemental-analysis image to coincidence. Furthermore, the X-ray detector of the high maximum counting rate and a large detection solid angle is cheaply realizable by storing two or more sensing elements in one container, and cooling by one liquid nitrogen tub.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

TECHNICAL PROBLEM

---

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the approach of the above-mentioned beginning, as consideration was not made at all about secondary electron detection but it was shown in drawing 3, when the secondary electron detector 11 had been arranged, since X-ray detector 31 was arranged between the secondary electron detector 11 and the sample 5, most secondary electrons were covered and there was a problem that the amount of the secondary electron included in the secondary electron detector 11 decreased sharply. Moreover, the part which is mainly concerned with the field-effect transistor which is a part of signal amplifying circuit which should be arranged at the tip of an X-ray detector in order to reduce a noise, The radioparency aperture which separates the sample room of the X-ray detector and electron microscope for performance degradation prevention of an X-ray sensing element, And a component indispensable to energy dispersion mold detection equipments, such as a collimator for restricting the incidence of the braking radiation X-ray used as a signal noise, the fluorescence X rays by this X-ray, and a reflection electron, is not indicated at all. Although it inserted between the objective lens and the sample and the solid angle was earned, there were many noise components, it has not been improved as detection sensitivity, and degradation of the engine performance of a sensing element was intense, and there was a problem about long-term use. Moreover, when a radioparency aperture and a collimator were taken into consideration, there was a problem of the housing of 3 millimeters and a radioparency aperture becoming [ the thickness of the whole X-ray detector ] larger than the distance between a sample and an objective lens, since 5 millimeters of thickness of 1 millimeter and a collimator are required at the lowest at the lowest, and it becoming impossible for the thickness of an X-ray sensing element to arrange near the electron ray path.



\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

MEANS

---

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, in this invention, a tip instead of an annular X-ray detector Horseshoe shape Or the X-ray detector which consists of a container with an open end like the configuration lacking in some circular rings is used. It enabled it to move to the location which should be installed from insertion opening prepared in the side face of the mirror body of an electron microscope, and two or more X-ray sensing elements were built in in the container, the large X-ray detection solid angle was taken, and the secondary electron detector has been further arranged to the open end side.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

OPERATION

---

[Function] Drawing 4 and drawing 5 explain an operation of this invention. Drawing 4 is the vertical cross section of the one section of a scanning electron microscope, and drawing 5 is the horizontal sectional view of the scanning electron microscope in which the physical relationship of the X-ray detector showing the description of this invention and a secondary electron detector is shown. The electron ray 2 thinly extracted to the sample 5 with the objective lens 4 in drawing 4 is irradiated. Between the objective lens 4 and the sample 5, the X-ray detector and the secondary electron detector are arranged from the longitudinal direction. The tip of X-ray detector 31 which is the description of this invention has a horseshoe-shaped form with an open end, as shown in drawing 5 (claim 1), and the secondary electron detector 11 is arranged at the open end side (claim 2). The secondary electron generated from the sample 5 is drawn in the secondary electron detector 11 by the electric field which passed through the space 15 of the open end of an X-ray detector, and were impressed to the front face of the secondary electron detector 11. The collimator 37 for restricting the incidence of the radioparency aperture 36 which separates the sample room of the X-ray detector and electron microscope for performance degradation prevention of an X-ray sensing element and the braking radiation X-ray used as a signal noise, and the fluorescence X rays by this X-ray is attached at the tip of X-ray detector 31. [0012] As mentioned above, since a secondary electron comes to be detected by the secondary electron detector 11 by arranging the secondary electron detector 11 to the open end side of X-ray detector 31 with an open end, without being covered, the detection efficiency of a secondary electron does not fall. Furthermore, in order for the tip of an objective lens 4 to project and to obtain high spatial resolving power, it becomes possible to insert X-ray detector 31 from one opening 61 which the point of an objective lens 4 was made to pass through, and was prepared in the mirror body 60 by preparing an open end in X-ray detector 31 also with the electron microscope with between [ narrow ] an objective lens 4 and samples 5 (claim 5). Furthermore, in accordance with the configuration of a projection of an objective lens 4, by attaching an inclination to the part inside [ horseshoe-shaped ] X-ray detector 31, it can arrange from a sample perpendicularly to the direction of incidence of an X-ray so that it may become possible to approach a sample 5 and to arrange the X-ray sensing element 33 and \*\*\*\*\* of the X-ray sensing element 33 can be used effectively.

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

EXAMPLE

---

[Example]

(Example 1) The example by this invention is hereafter explained using drawing 1, drawing 6, and drawing 7. Drawing 1 is the vertical cross section of the scanning electron microscope which realizes this invention, and an electron ray 2 is irradiated by the sample 5 with a focusing lens 2 and an objective lens 3. With the scan coil 3, a secondary electron image can be obtained by scanning an electron ray 2 on the front face of the above-mentioned sample 5, and detecting the secondary electron generated from a sample 5 with the secondary electron detector 11. By X-ray detector 31 arranged between an objective lens 3 and a sample 5, elemental analysis is possible. Drawing 6 is drawing which looked at X-ray detector 31 and the secondary electron detector 11 from the upper part, the direction, i.e., drawing 1, to which an electron ray carries out incidence of the electron microscope which realizes this invention, and drawing 7 is the sectional view showing the structure inside an X-ray detector. X-ray detector 31 has a container with horseshoe-shaped opening, as shown in drawing 6, and a secondary electron detector is located in an opening side. As the term of an operation explained, the secondary electron generated from a sample 5 passes through the space of the above-mentioned opening, is drawn in the secondary electron detector 11 by the electric field impressed to the front face of the secondary electron detector 11, and is detected. Moreover, as shown in drawing 7, in the X-ray detector in this example, the X-ray sensing element 33 which consists of a total of 12 silicon crystals is installed in the horseshoe-shaped container. A X line each sensing element is supported on the ceramic plate 35 which makes the silicon nitride with sufficient thermal conductivity attached in the cooling rod 34 with which the opposite end face is in contact with liquid nitrogen the quality of the material, and is cooled by low temperature. The X-ray sensing element 33 is installed so that the detection side may become perpendicular to the X-ray generated from a sample 5. Thereby, an X-ray can be detected now by the greatest detection solid angle about the X line each sensing element 33. Between the sample 5 and the sensing element 33, characteristic X ray 20 is introduced into the X-ray sensing element 33, and the collimator 37 made from the tantalum for restricting the unnecessary braking X-ray and reflection electron constituting the radiopacity aperture 36 which holds the inside of an X-ray detector to a vacuum in order to prevent that gas sticks to the X-ray sensing element 33 cooled at the time of exchange of a sample 5, and the cause of a noise is installed.

[0014] In order to make an X-ray sensing element approach a sample by having horseshoe-shaped opening which is the description of this invention, when X-ray detector 31 could be easily moved now to the space between an objective lens and a sample and X-ray detection was not carried out, the X-ray detector was avoided and it came to be able to perform removing at the time of repair easily. Moreover, it became possible similarly [ before installing an X-ray detector ] about secondary electron detection to carry out at high sensitivity.

[0015] Although the maximum counting rate of one sensing element does not change since the signal from 12 sensing elements 33 is changed into a voltage signal by 12 preamps, pulse height analysis is independently carried out further 12 pieces with a signal processor 40 and it is processed, the 12 maximum counting rates of the whole have increased 12 times as compared with one case.

[0016] At this example, as compared with the conventional equipment which consists of one X-ray sensing element, two-dimensional distribution of the same detection sensitivity as the former could be acquired by time amount short a single figure, and elemental analysis became possible by the conventional sensibility by damage low a single figure also about the damage done to a sample. Moreover, the amount of signals detected with the secondary electron detector 11 was almost changeless before inserting an X-ray detector. Furthermore, by evaluation of manufacture of the X-ray detector by this example of semiconductor devices, such as an integrated circuit, and the inspection process, as a result of applying to the length measurement scanning microscope currently widely used to measure the dimension of a circuit pattern, time amount required for dust particle inspection can be shortened a single figure, and came to be used practical.

[0017] (Example 2) Next, another example by this invention is explained using drawing 8.

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] The electron microscope block diagram showing one example of this invention.  
[Drawing 2] The block diagram showing equipment conventionally.  
[Drawing 3] The block diagram showing equipment conventionally [ another ].  
[Drawing 4] The conceptual diagram explaining an operation of this invention.  
[Drawing 5] The conceptual diagram explaining an operation of this invention.  
[Drawing 6] The horizontal sectional view showing the physical relationship of the detector in one example of this invention.  
[Drawing 7] Structural drawing of the X-ray detector in one example of this invention.  
[Drawing 8] The electron microscope block diagram showing another second example of this invention.  
[Drawing 9] The electron microscope block diagram showing the third example of this invention.

[Description of Notations]

1-electron gun, 2-electron ray, 3-focusing lens, 4-objective lens, 5-sample, 6-scan coil, 7-sample base, 8-liquid nitrogen tub, 11-secondary electron detector, 10-secondary electron line, 15-space, 20-characteristic X ray, 31-X-ray detector, 32-radioparency hole, 33-X-ray sensing element, 34-cooling rod, 35-support plate,

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

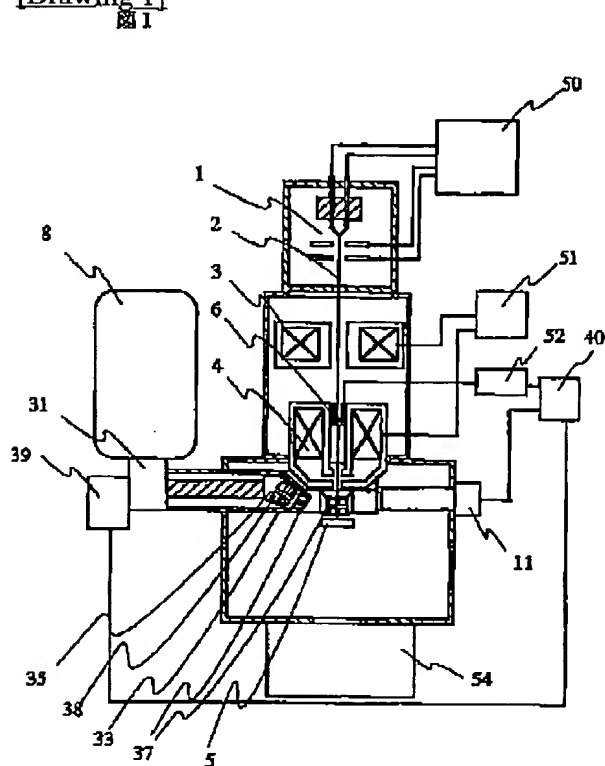
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

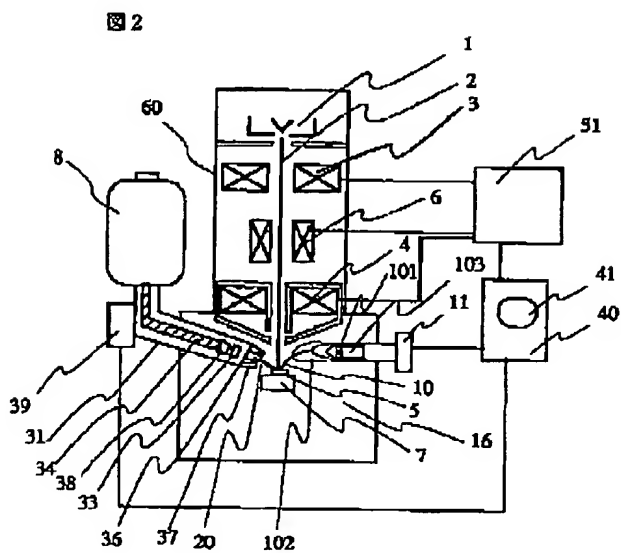
DRAWINGS

---

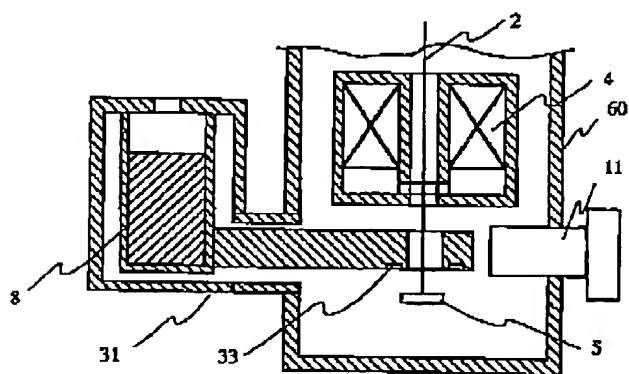
[Drawing 1]



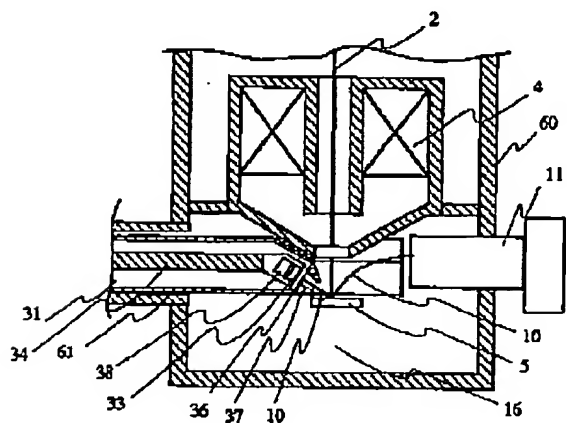
[Drawing 2]



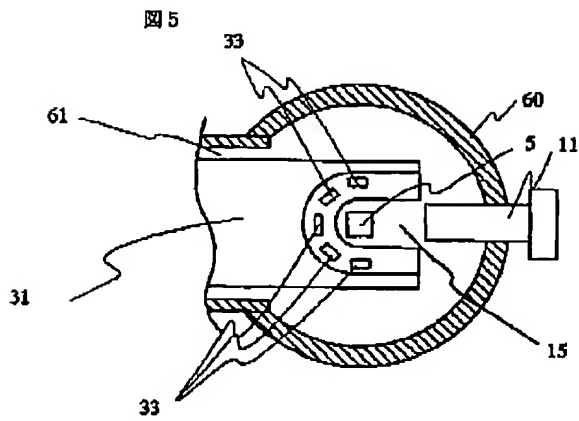
[Drawing 3]  
図 3



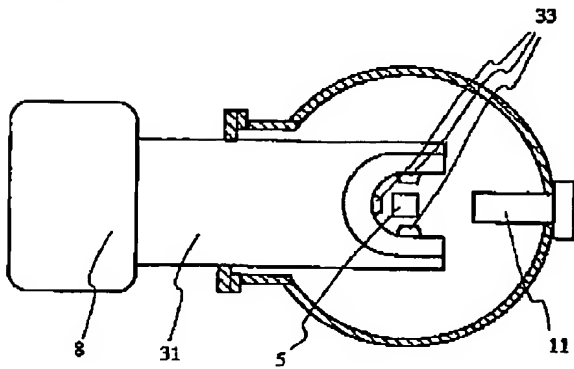
[Drawing 4]  
図 4



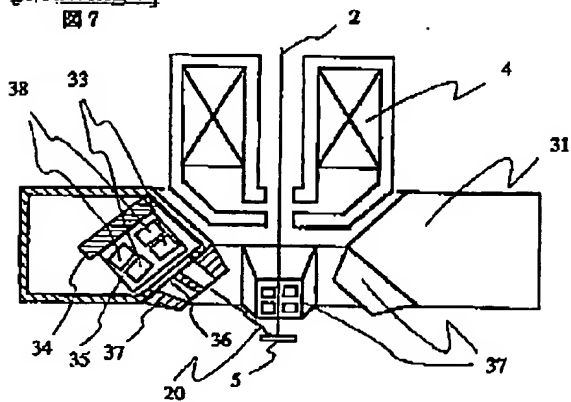
[Drawing 5]



[Drawing 6]  
図 6



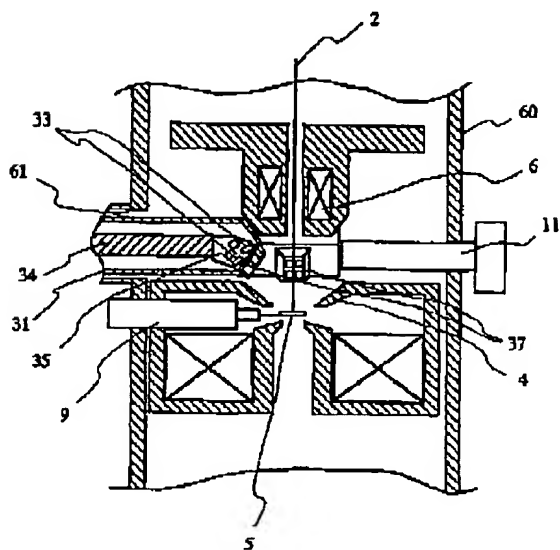
[Drawing 7]  
図 7



[Drawing 8]

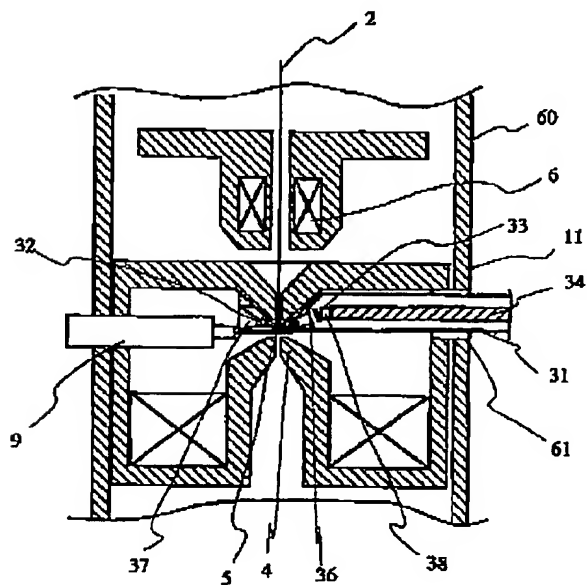


FIG 8



[Drawing 9]

FIG 9



[Translation done.]